

RANCANG BANGUN SISTEM *TRACKING* PENDAKI BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DENGAN MODUL LORA

DESIGN OF CLIMBER TRACKING SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS WITH LORA MODULE

I Ketut Hary Dwipayana¹, Iman Hedi Santoso², Nyoman Bogi.³

^{1,2,3}Universitas Telkom, Bandung

dwipahary@student.telkomuniversity.ac.id¹, imanhedis@telkomuniversity.ac.id²,
aditya@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menghubungkan semua perangkat ke internet dan memungkinkan perangkat IoT berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan sistem *tracking* pendaki pada daerah pegunungan berbasis IoT dengan menggunakan modul LoRa. Perancangan sistem dimulai dari pembuatan *end-device* LoRa dan dikolaborasi dengan modul GPS yang berfungsi sebagai pengirim data lokasi dari pendaki menuju gateway kemudian diteruskan menuju server The Things Network dan ditampilkan pada *website*. Terdapat tiga parameter pengujian yang dilakukan untuk mengetahui performansi pada sistem yang dirancang yaitu pengujian transmisi mencakup *time on air*, *packet delivery ratio*, dan *receive signal strength indicator*, pengujian akurasi GPS, dan pengujian QoS yang mencakup *delay* dan *packet loss*. Pengujian transmisi mendapatkan hasil *time on air* terendah yaitu pada SF7 sebesar 0.07s dan *time on air* tertinggi pada SF12 yaitu 1.81s. Presentase *packet delivery ratio* terendah yang didapatkan yaitu pada SF7 sebesar 60% dengan jarak 500m sedangkan untuk nilai *receive signal strength indicator* terendah yaitu pada SF7 dengan jarak 150m yaitu sebesar -75,4 dBm. Nilai akurasi GPS *end-device* yang didapatkan dari pengujian yaitu sebesar 4,4m dan pada pengujian QoS nilai *delay* terbaik sebesar 0,13 *second*, *throughput* tertinggi yaitu 5,55 KB/s, dan nilai *packet loss* terendah yaitu 0,04%.

Kata Kunci: The Things Network, LoRa, *End-device*, *Spreading Factor*, *Website*.

Abstract

Internet of Things (IoT) is a concept that connects all devices to the internet and allows IoT devices to communicate with each other over the internet. In this study, a climber tracking system will be designed in an IoT-based mountainous area using the LoRa module. The system design starts with the creation of the LoRa end-device and is collaborated with a GPS module that functions as a sender of location data from climbers to the gateway, then forwarded to The Things Network server and displayed on the website. There are three test parameters carried out to determine the performance of the designed system, namely transmission testing including time on air, packet delivery ratio, and receive signal strength indicator, GPS accuracy testing, and QoS testing which includes delay and packet loss. The transmission test got the lowest time on air at SF7 of 0.07s and the highest time on air on SF12 at 1.81s. The lowest percentage of packet delivery ratio obtained is on SF7 of 60% with 500m while the lowest value for the receive signal strength indicator is on SF7 with 150m, which is -75,4 dBm. GPS end-device accuracy value obtained from the test is 4.4m and in the QoS test the best delay value is 0.13 second, the highest throughput is 5.55 KB/s, and the lowest packet loss value is 0.04%.

Keywords: The Things Network, LoRa, *End-device*, *Spreading Factor*, *Website*.

1. Pendahuluan

Mendaki adalah salah satu aktivitas di alam terbuka yang merupakan kombinasi olahraga dan kegiatan rekreasi dimana harus melewati kesulitan demi mendapatkan pemandangan yang indah dari puncaknya. Mendaki gunung telah banyak dilakukan oleh orang-orang sejak zaman dahulu hingga sekarang namun tidak semua pendaki gunung mengetahui dasar - dasar saat mendaki gunung. Ketidaktahuan tersebut kemudian mengakibatkan kerap terjadi kejadian yang tidak diinginkan saat melakukan pendakian dimana para pendaki tersebut tersesat.

Fenomena tersebut yang kemudian mendorong penulis untuk merancang sebuah sistem yang mampu memberikan informasi terkait lokasi dari pendaki gunung sehingga dapat dilakukan pemantauan. Perkembangan teknologi di Indonesia saat ini tergolong pesat dimana sebagian besar masyarakatnya sudah menjadi bagian dari era

Internet of Things (IoT). Namun sebagian implementasi dari IoT hanya dapat dirasakan pada kota-kota besar. Implementasi IoT pada daerah kecil seperti pegunungan masih jarang ada padahal teknologi yang dapat digunakan untuk kasus tersebut sudah ada, contohnya LoRa.

Long Range (LoRa) merupakan sistem komunikasi *wireless* untuk *Internet of Things* dimana LoRa menawarkan komunikasi jarak jauh yang melebihi jarak 15 km pada remote area dan berdaya rendah. Dengan kolaborasi antara modul LoRa dan modul GPS (*Global Positioning System*) dimana modul GPS dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. Kedua modul tersebut kemudian dapat dikembangkan menjadi alat yang mampu membantu mengirimkan lokasi dari pendaki yang disebut perangkat akhir atau *end-device*. *End-device* tersebut kemudian diintegrasikan bersama dengan *gateway*, server dan *website* sehingga membentuk sistem *tracking* pendaki yang dapat memantau posisi pendaki guna mempercepat proses evakuasi jika sesuatu yang tidak diinginkan terjadi.

2. Konsep Dasar

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai dasar dari Internet of Things (IoT), LoRa, LoRaWAN, server The Things Network, Website, MQTT, dan Node Red.

2.1. Internet of Things (IoT)

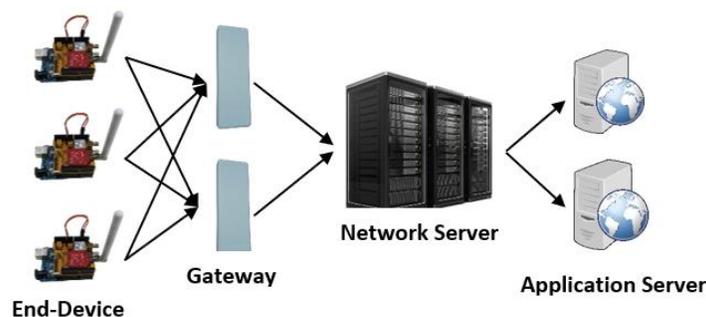
Internet of Things (IoT) merupakan salah satu komunikasi terbaru dimana mikrokontroler akan melengkapi objek dalam kehidupan sehari-hari, pemancar untuk komunikasi digital, dan stack protokol yang sesuai memungkinkan dapat berkomunikasi satu sama lain serta dengan pengguna. Konsep Internet of Things memiliki tujuan untuk menjadikan internet lebih imersif dan menyebar [1].

2.2. LoRa

Penyebaran LoRa adalah modulasi yang dipatenkan yang dikembangkan oleh Semtech (<https://www.semtech.com/>) berdasarkan modulasi Chirp Spread Spectrum (CSS). LoRa atau *Long Range* menyediakan komunikasi dengan jarak yang jauh, konsumsi daya rendah, kecepatan data rendah, dan transmisi data yang aman. LoRa dapat digunakan dengan jaringan publik, *privat*, atau *hybrid* untuk mencapai jangkauan yang lebih luas daripada jaringan seluler. Teknologi LoRa dapat dengan mudah diintegrasikan dengan jaringan yang ada dan memungkinkan aplikasi Internet of Things (IoT) berbiaya rendah yang dioperasikan dengan baterai. Terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan pada perangkat LoRa diantaranya seperti *Bandwidth (BW)*, *Carrier Frequency (CF)*, *Coding Rate (CR)*, *Spreading Factor (SF)*, dan juga *Transmission Power (TP)* [2]

2.3. LoRaWAN

LoRaWAN merupakan protokol komunikasi dan arsitektur sistem untuk jaringan, sedangkan lapisan fisik LoRa memungkinkan *link* komunikasi jarak jauh. LoRaWAN terdiri dari *end-node* (perangkat akhir), *gateway* (konsentrator), server jaringan, dan server aplikasi seperti pada Gambar 1. Dalam jaringan LoRaWAN, data yang dikirim oleh *end-node* biasanya diterima oleh beberapa *gateway*. Setelah data diterima, setiap *gateway* akan meneruskan paket yang diterima ke server jaringan melalui seluler, Ethernet, Wi-Fi, atau satelit. Perangkat lunak yang berjalan di *gateway* bertanggung jawab untuk meneruskan paket data yang masuk ke server jaringan. Perangkat lunak ini dikenal sebagai *package sender*. Server jaringan mengirim dan menerima pesan LoRaWAN ke dan dari perangkat serta berkomunikasi dengan server aplikasi *upstream*. Server aplikasi adalah tujuan dari pengiriman data oleh aplikasi perangkat yang dikirim sebagai *payload* dalam pesan LoRaWAN. [2].



Gambar 1 Elemen dari LoRaWAN.

2.4. The Things Network

The Things Network merupakan sebuah server untuk pengembangan IoT yang bersifat *open source*. Pengembangan yang menjadi fokus The Things Network yaitu IoT dengan memanfaatkan teknologi LoRaWAN. Ketika LoRa gateway terhubung ke server The Things Network, maka data yang dikirim dari *end-device* LoRa menuju LoRa gateway kemudian akan dapat terhubung dengan server The Things Network. Dalam pengembangannya, The Things Network kini menghadirkan The Things Stack Community Edition V3 yang memungkinkan manfaat yang lebih banyak dari versi sebelumnya yaitu V2. The Things Stack merupakan server jaringan LoRaWAN yang fleksibel dan tangguh. *The Things Stack* dapat memenuhi kebutuhan penerapan LoRaWAN yang selalu mengalami perkembangan, seperti konfigurasi keamanan tingkat lanjut serta manajemen siklus hidup perangkat, dan mengelola serta memantau perangkat dan gateway saat merutekan data dengan aman ke aplikasi [3].

2.5. Website

Website adalah istilah untuk kumpulan halaman web (*web pages*), yang umumnya merupakan bagian dari nama *domain* atau *subdomain* di *World Wide Web* (WWW) di Internet. Halaman web adalah dokumen yang ditulis dalam format HTML, yang hampir selalu dapat diakses melalui HTTP. HTTP adalah protokol yang dapat menampilkan informasi dari server situs web kepada pengguna melalui browser web statis dan dinamis. Jika konten informasi suatu *website* bersifat tetap dan jarang berubah, dan konten informasi hanya memiliki alamat yang sama dengan pemilik *website*, maka bersifat statis. Konten informasi situs web bersifat dinamis. Jika konten informasi situs web terus berubah, konten informasi bersifat interaktif baik bagi pemilik situs web maupun pengguna. Elemen-elemen untuk menyediakan situs web meliputi nama domain, hosting web, skrip program, desain situs web, program transmisi data pusat data, publikasi, pemeliharaan situs web, ekstensi sewa nama domain [4].

2.6. Message Queue Telemetry Transport (MQTT)

Message Queue Telemetry Transport atau MQTT adalah protokol komunikasi mesin-ke-mesin atau M2M yang bekerja pada lapisan aplikasi dan bersifat *lightweight message*. Bahkan jika koneksi terputus, semua pesan terkirim akan dijamin oleh protokol MQTT. Metode komunikasi *publish/subscribe* adalah metode pengiriman yang digunakan oleh protokol MQTT. Pesan pada MQTT dikirim ke *broker* dan berisi topik yang dikirimkan oleh *publisher*. Kemudian topik tadi diolah untuk diteruskan ke *subscriber* berdasarkan dari permintaan pengguna [5].

2.7. Node Red

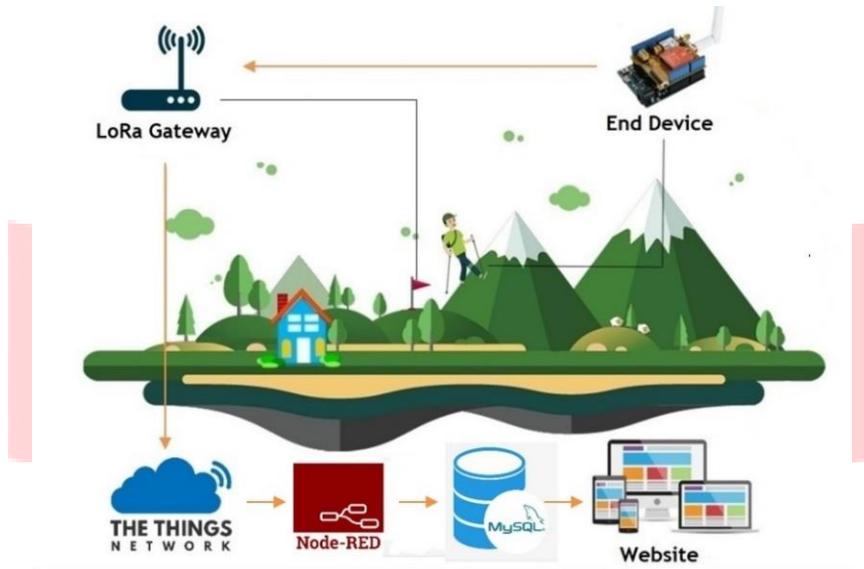
Node-RED merupakan sebuah *tool* pada *browser* yang digunakan dalam membuat aplikasi *Internet of Things* (IoT), di mana lingkungan pemrograman visual memungkinkan pengguna untuk dengan mudah dalam membuat aplikasi sebagai *“flow”*. Lanskap bahasa pemrograman yang ada sangatlah luas dan meliputi berbagai jenis gaya dan paradigma pemrograman dan bahasa imperatif berorientasi objek saat ini telah menguasai dunia pemrograman. Meski demikian, terdapat alternatif untuk melakukan pengembangan atau produksi *software* dan juga untuk membuat ide prototipe dengan cepat. Node-RED menggunakan jalur alternatif ini untuk pengembangan perangkat lunak. Node-RED adalah bahasa pemrograman visual yang tidak memilih untuk membuat aplikasi sebagai urutan kode, melainkan berfokus pada alur program [5].

2.8. MySQL

MySQL telah menjadi *software database* bersifat *open-source* yang paling populer di dunia karena keandalan, kecepatan, dan kemudahan penggunaannya. MySQL adalah pilihan pertama pengembang perangkat lunak dan aplikasi di banyak *platform* web dan desktop. MySQL sebenarnya merupakan salah satu konsep utama dalam *database* sejak lama, turunan dari *Structured Query Language* (SQL). SQL merupakan konsep operasi database, terutama untuk menyeleksi dan memasukkan data, dapat dengan mudah melakukan operasi data secara otomatis [6].

3. Desain Model Sistem

Penelitian ini merupakan rancang bangun sistem *tracking* pendaki berbasis IoT dengan modul LoRa dimana server sistem yang digunakan ialah The Things Network. Sistem ini dimulai dengan perancangan *end-device* LoRa yang dikolaborasi dengan GPS sehingga data yang dikirim dapat diterima oleh *gateway* kemudian diteruskan menuju server dan akhirnya dapat ditampilkan pada *website*.

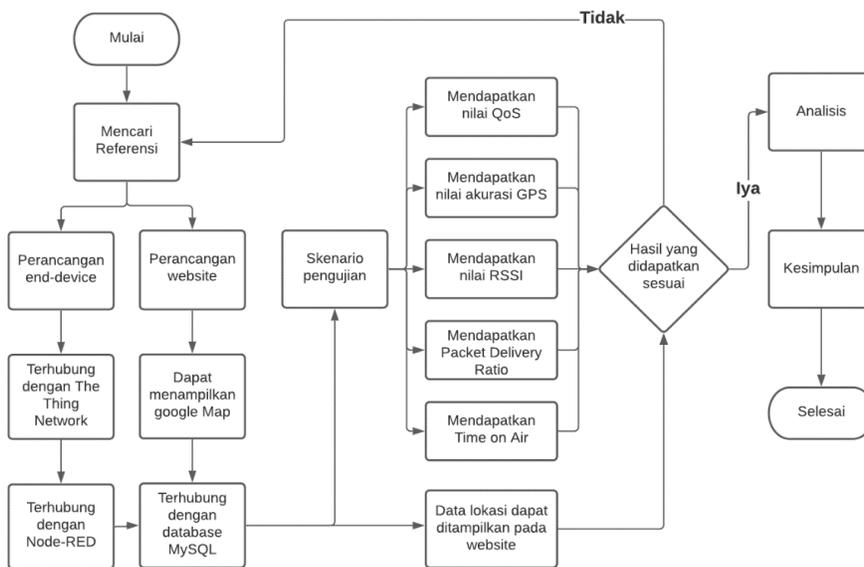


Gambar 3 Ilustrasi Sistem Tracking Pendaki

Pada perancangan sistem *tracking* pendaki ini, dibutuhkan perangkat *end-device* LoRa sebagai pengirim data, LoRa *Gateway* sebagai penerima data yang kemudian bertugas untuk mengirimkan data ke server aplikasi, dan *website* sebagai media untuk mempermudah dalam proses pemantauan lokasi dari *end-device* LoRa. Data yang dikirim oleh *end-device* LoRa kemudian akan dikirimkan berupa *radio frequency connection* menuju LoRa gateway. Setelah data diterima oleh *gateway*, maka *gateway* akan meneruskan data yang diterima ke server jaringan melalui seluler, Ethernet, Wi-Fi, atau satelit. Setelah data didapatkan oleh server, selanjutnya yaitu mengintegrasikan server The Things Network dengan MQTT sehingga data pada server dapat ditangkap oleh Node-RED dan diteruskan menuju *database* MySQL. Setelah data berhasil disimpan oleh *database*, proses terakhir yaitu mengintegrasikan *database* dengan *website* yang dirancang untuk dapat menampilkan titik lokasi pada *website*.

3.1. Diagram Alir Perancangan

Dalam perancangan sistem *tracking* pendaki ini, terdapat diagram alir yang menggambarkan proses dan cara pengujian yang akan dilakukan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Alir Perancangan Sistem Tracking Pendaki

3.2. Perangkat Yang Digunakan

Adapun perangkat yang digunakan dalam merancang sistem *tracking* pendaki ini meliputi beberapa perangkat keras yang menyusun *end-device*. Adapun perangkat tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hardware Pada Perancangan *End-device* LoRa

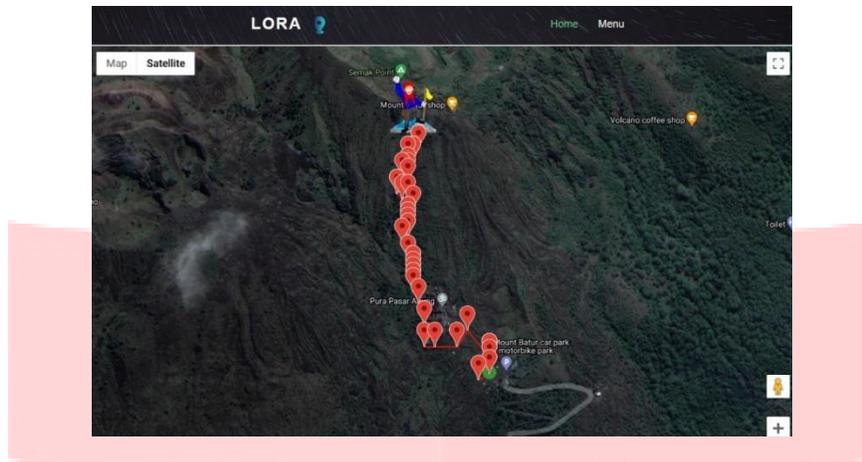
No.	Nama Perangkat	Spesifikasi Perangkat
1	Dragino LoRa & GPS Shield	Lora Spec: <ul style="list-style-type: none"> • 168 dB <i>maximum link budget</i>. • <i>Frequency Band</i>: 868 MHz GPS Spec: <ul style="list-style-type: none"> • GPS L80: <i>Based on MT3339</i> • <i>Power Tracking</i>: 20mA. • <i>Sensitivity Tracking</i> -165dBm. • <i>Programmable bit rates up to 300 kbps</i>.
2	Arduino UNO	<i>Microcontroller</i> : ATmega328P <i>Operating Voltage</i> : 5V <i>Input Voltage</i> : 7V-12V Pin I/O Digital: 14 Pin Digital PWM: 6 Pin Digital Analog: 6
3	SMA Connector Male to Female	10 cm
4	LoRa Antenna	<i>Frequency Band</i> : 868 MHz <i>Pola Radiasi</i> : <i>Omnidirectional</i> <i>Gain</i> : 3 dBi
5	Power Bank	<i>Capacity</i> : 10000 mAh



Gambar 5 *End-device* LoRa

3.3. Perancangan Website

Perancangan website ini menggunakan bahasa pemrograman HTML yang bertanggung jawab untuk membuat elemen-elemen fungsi *website*. HTML akan bertugas menyarankan teks apa yang seharusnya ada di halaman, di mana gambar seharusnya, dan di mana tautan jika ada. Selanjutnya penggunaan CSS memungkinkan untuk mengubah font, ukuran, warna, penyalarsan dan posisi teks pada halaman, serta hal lainnya yang dapat memperindah tampilan website. Bahasa pemrograman yang terakhir adalah JavaScript dimana JavaScript menerjemahkan halaman statis HTML menjadi halaman yang dapat berinteraksi dengan pengunjung.



Gambar 6 Tampilan *Tracking* Pendaki pada *Website*

Gambar 6 menunjukkan fitur jejak pendaki pada *website* yang bertujuan sebagai pemantau rute yang telah diambil oleh pendaki dari awal hingga data terakhir yang masuk ke database. Penyaringan data lokasi dari database untuk mendapatkan jejak sesuai nama pendaki yaitu dengan mengambil data berdasarkan rentang waktu peminjaman *end-device*. Dengan adanya fitur jejak pendaki, pengawasan terhadap pendaki yang salah mengambil jalur dapat dilakukan dengan lebih mudah sehingga proses evakuasi dapat berjalan lebih cepat.

4. Hasil dan Analisis

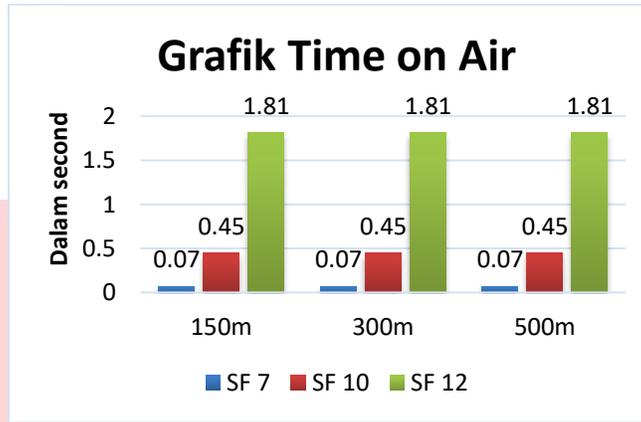
Bagian ini berisi hasil pengujian sistem terhadap parameter transmisi, akurasi GPS, dan *Quality of Service* dari sistem.

4.1. Tahap Pengujian

Adapun tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

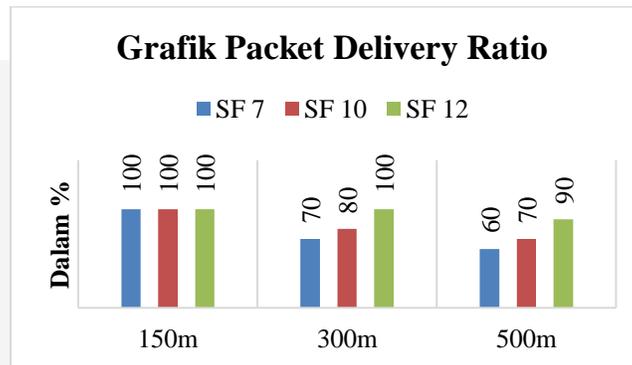
1. Pengujian Time on Air Pengujian time on air dilakukan dengan menggunakan 3 jenis spreading factor yang berbeda yaitu SF7, SF10, dan SF12. Pengujian dilakukan dalam jarak 150m, 300m, dan 500m pada masing-masing spreading factor untuk dapat mengetahui perbedaan dalam setiap konfigurasi yang digunakan.
2. Pengujian *packet delivery ratio* dilakukan dengan menggunakan 3 jenis spreading factor yang berbeda yaitu SF7, SF10, dan SF12. Pengujian dilakukan dalam jarak 150m, 300m, dan 500m pada masing-masing *spreading factor* untuk dapat mengetahui presentase paket yang terkirim pada masing-masing spreading factor pada jarak yang telah ditentukan.
3. Pengujian *receive signal strength indicator* dilakukan dengan menggunakan 3 jenis spreading factor yang berbeda yaitu SF7, SF10, dan SF12. Pengujian dilakukan dalam jarak 150m, 300m, dan 500m pada masing-masing *spreading factor* untuk dapat mengetahui tingkat sensitivitas sinyal yang diterima oleh *gateway*.
4. Pengujian akurasi GPS dilakukan dengan mengambil sejumlah sampe dari titik koordinat pada masing-masing perangkat yang akan dibandingkan dengan titik yang telah ditentukan. Nilai dari latitude dan longitude yang didapatkan pada masing-masing perangkat akan digunakan sebagai data untuk melakukan perhitungan tingkat akurasi GPS. Perhitungan pertama yang dilakukan yaitu untuk mengubah nilai latitude dan longitude menjadi radian. Pada perhitungan ini digunakan titik koordinat dari *end-device* yaitu 8,545987 lintang selatan dan 115,120300 bujur timur yang akan dibandingkan dengan titik koordinat statis yaitu 8.545985 lintang selatan dan 115.120260 bujur timur.
5. Pengujian *Quality of Service* (QoS) dilakukan untuk mengetahui performansi dari *website* yang telah dibuat. Pada pengujian QoS, dilakukan *capture* data sebanyak 5 kali dalam dua kondisi yaitu *free hours* pada saat subuh dan *busy hours* saat siang hari. Setelah mendapatkan hasil, maka akan dilakukan proses penghitungan *delay*, *throughput* serta *packet loss*.

5. Data Hasil Pengujian Sistem



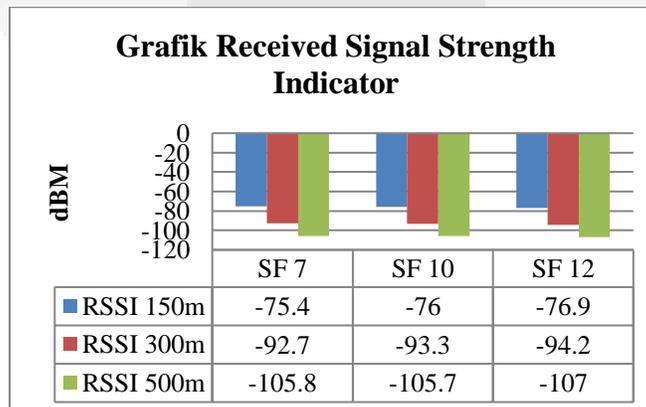
Gambar 7 Grafik Pengujian Time on Air

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa *time on air* pada SF 7 memiliki nilai yang paling rendah yaitu 71,936 ms dan *time on air* pada SF12 memiliki nilai yang paling tinggi yaitu 181,043 ms. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar *spreading factor* yang digunakan maka *time on air* akan semakin besar.



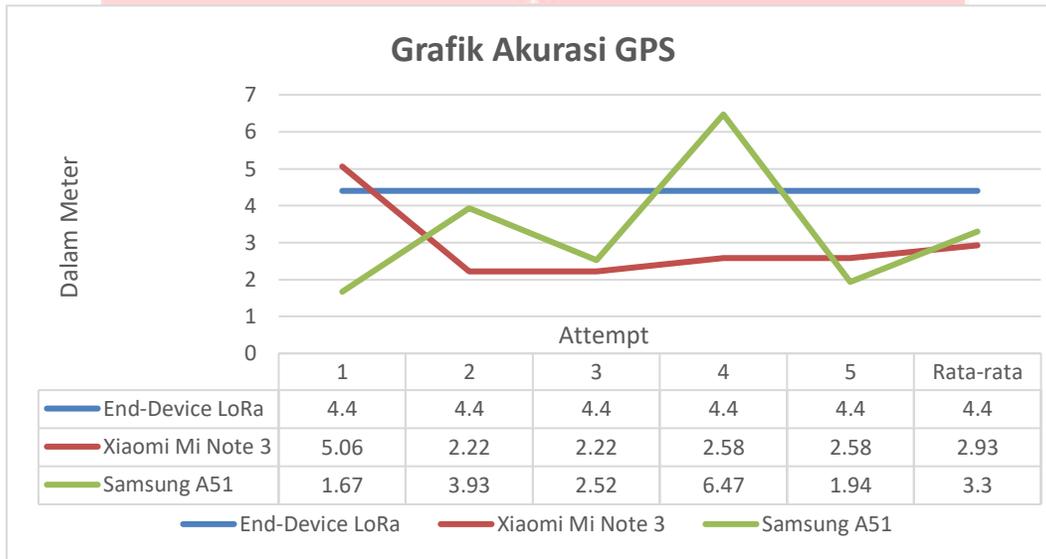
Gambar 8 Grafik Pengujian Packet Delivery Ratio

Berdasarkan grafik pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa pada jarak pengujian 500 m, konfigurasi SF12 memiliki nilai packet delivery ratio tertinggi yaitu 90% sedangkan SF7 memiliki nilai packet delivery ratio terendah yaitu 60%. Hal tersebut dapat membuktikan teori bahwa semakin besar nilai *spreading factor* maka semakin jauh jarak transmisi yang dapat dilakukan dari *end-device* LoRa menuju gateway, dengan kata lain semakin banyak paket data yang akan sampai pada gateway.



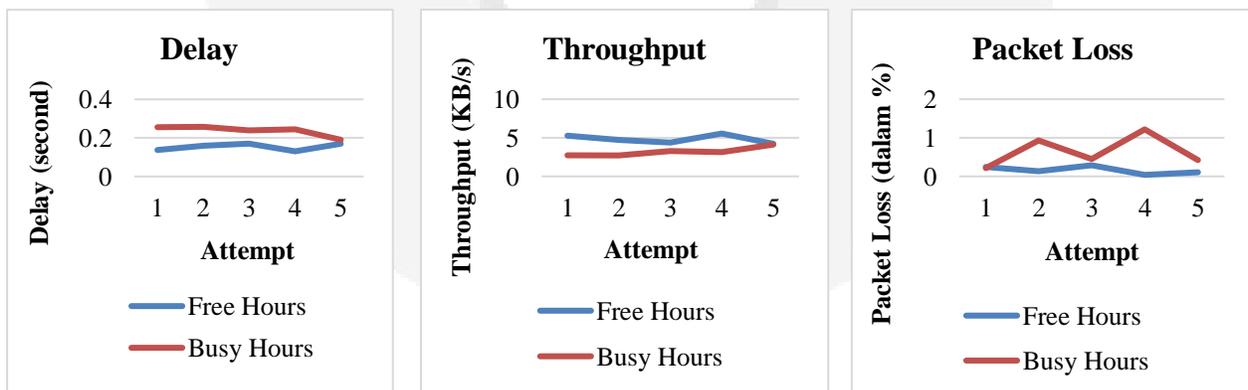
Gambar 9 Grafik Pengujian RSSI

Pada Gambar 4.3 nilai RSSI terbaik yang didapatkan oleh gateway dari *end-device* yaitu pada jarak 150 m menggunakan SF7 sebesar -75,4 dBm dan hasil paling buruk yaitu SF12 yaitu -76,9 dBm. Untuk jarak 300-meter dari end-device hasil paling baik yaitu pada SF7 dengan hasil RSSI yaitu -92,7 dBm dan dengan hasil paling buruk yaitu SF12 dengan hasil RSSI yaitu -94,2 dBm. Untuk jarak 500-meter dari end-device LoRa dengan hasil paling baik yaitu SF10 dengan hasil yaitu -105,7 dBm dan dengan hasil paling buruk yaitu SF12 yaitu -107 dBm. Maka dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya nilai spreading factor yang digunakan, maka nilai sensitivitas penerima akan meningkat. Dapat disimpulkan juga bahwa pada jarak pengujian 500-meter, nilai RSSI yang didapatkan dikategorikan buruk karena bernilai kurang dari -100 dBm.



Gambar 10 Grafik Pengujian RSSI

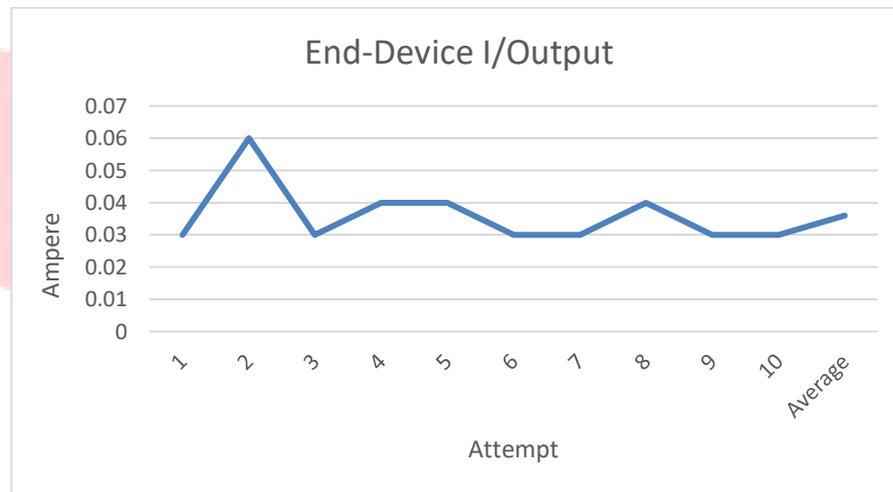
Dapat dilihat pada Gambar 4.4, end-device LoRa memiliki tingkat akurasi rata-rata terhadap titik statis sebesar 4,40402185 m dimana nilai akurasi tersebut sedikit lebih besar dari nilai akurasi pada device Xiaomi dimana rata-rata akurasinya sebesar 2,93235144m dan device Samsung dimana rata-rata akurasinya yaitu sebesar 3,30666053m sehingga dapat disimpulkan bahwa GPS yang digunakan pada end-device LoRa memiliki akurasi yang cukup baik karena tidak kalah jauh dengan tingkat akurasi device Xiaomi dan Samsung.



Gambar 11 Grafik Pengujian QoS Sistem

Pada grafik *delay* hasil dengan nilai delay yang paling rendah yaitu terjadi pada percobaan ke-4 pada *free hours* dimana nilai dari *delay* tersebut sebesar 0,130712577 s, sedangkan nilai *delay* tertinggi terjadi pada percobaan ke-2 pada *busy hours* dimana nilai dari *delay* tersebut sebesar 0,257508222 s. Pada grafik *throughput*, hasil dengan nilai *throughput* yang paling tinggi yaitu terjadi pada percobaan ke-4 pada *free hours* dimana sebesar 5,551989 KB/s,

sedangkan nilai *throughput* terendah terjadi pada percobaan ke-2 pada *busy hours* sebesar 2,714632665 KB/s. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *throughput* pada saat *busy hours* lebih rendah dari *throughput* pada saat *free hours*. Pada grafik *packet loss*, hasil dengan nilai *packet loss* paling rendah yaitu terjadi pada percobaan ke-4 pada *free hours* dimana nilai dari *packet loss* tersebut sebesar 0,0393391%, sedangkan nilai *packet loss* tertinggi terjadi pada percobaan ke-4 pada *busy hours* dimana nilai dari *packet loss* tersebut sebesar 1,219188974 %.



Gambar 12 Grafik Pengujian Arus Keluar Pada End-Device

Pada Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa arus yang keluar memiliki nilai rata-rata sebesar 0,036 ampere. Nilai arus keluar tersebut kemudian dapat digunakan untuk melakukan perhitungan lama waktu end-device dapat bertahan menggunakan sumber power bank 10000mAh. Dengan menggunakan konfigurasi spreading factor 12, waktu yang didapatkan yaitu 11 hari 13 jam 47 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk penggunaan end-device dengan power bank berkapasitas 10000 mAh dapat bertahan 11 hari pada konfigurasi SF12.

6. Kesimpulan

Sistem yang dibangun berhasil terintegrasi dengan baik sehingga data dari *end-device* LoRa dapat ditampilkan pada *website* yang sudah dirancang. Performansi transmisi data dari *end-device* LoRa menuju *gateway* pada pengujian *time on air* dari jarak 150m, 300m, 500m, performansi paling baik ditunjukkan pada SF7 dimana semakin kecil *spreading factor* yang digunakan, maka semakin kecil nilai *time on air* yang didapatkan. Pada pengujian *packet delivery ratio* dari jarak 150m, 300m, 500m, performa paling baik ditunjukkan oleh SF12 dimana dari semua paket data yang dikirim oleh *end-device* menunjukkan tingkat pengiriman terbaik pada setiap jarak jika dibandingkan dengan SF7 dan SF10 yaitu 100% pada jarak 150m, 100% pada jarak 300m, dan 90% pada jarak 500m. • Pada pengujian *receive signal strength indicator*, nilai sensitivitas terbaik diperoleh dengan konfigurasi SF7 dimana pada konfigurasi SF7 pada jarak 150m menunjukkan nilai RSSI sebesar -75,4 dBm dan nilai sensitivitas terburuk yaitu pada jarak 500m dengan konfigurasi SF12 sebesar -107 dBm. Selama paket data masih dapat diterima, maka itu adalah *level* maksimum dari sensitivitas RSSI pada end-device. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, konfigurasi paling baik yang dapat digunakan yaitu *spreading factor* 12, dimana *spreading factor* 12 memiliki jangkauan yang lebih luas dan sensitivitas yang lebih baik sehingga untuk memperoleh hasil yang maksimal pada sistem, perlu digunakan *spreading factor* 12. Akurasi GPS dari hasil pengujian yang dilakukan mendapatkan nilai sebesar 4,4m. GPS *end-device* LoRa memiliki akurasi yang cukup baik karena bernilai sedikit lebih tinggi dari hasil GPS Xiaomi Mi Note 3 dan Samsung Galaxy A51. Pengujian *Quality of Service* sistem mendapatkan delay dengan kategori baik karena berada dibawah 2 *second* menurut standarisasi ITU-T. Sedangkan untuk *throughput* mendapatkan nilai 5,55 KB/s dan untuk presentase *packet loss* mendapatkan kategori baik karena memiliki hampir 0% *packet loss*.

7. Referensi:

- [1] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of things for smart cities," *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2014, doi: 10.1109/JIOT.2014.2306328.
- [2] P. Seneviratne, *Introduction to LoRa and LoRaWAN*. 2019.
- [3] The Things Network, "What is LoRaWAN," *The Things Network*. <https://www.thethingsnetwork.org>.
- [4] R. Harminingtyas and D. T. S. Semarang, "ANALISIS LAYANAN WEBSITE SEBAGAI MEDIA

- PROMOSI,” *J. STIE SEMARANG*, vol. 59, no. 9–10, pp. 37–57, 2014.
- [5] S. Mulyono, M. Qomaruddin, and M. Syaiful Anwar, “Penggunaan Node-RED pada Sistem Monitoring dan Kontrol Green House berbasis Protokol MQTT,” *J. Transistor Elektro dan Inform. (TRANSISTOR EI)*, vol. 3, no. 1, pp. 31–44, 2018.
- [6] A. Saputra, “Manajemen Basis Data Mysql Pada Situs FTP Lapan Bandung,” *J. Ber. Dirgant.*, vol. 13, no. 4, pp. 155–162, 2012, [Online]. Available: http://www.jurnal.lapan.go.id/index.php/berita_dirgantara/article/view/1733/1568.

